

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. Januar 2001 (04.01.2001)

PCT

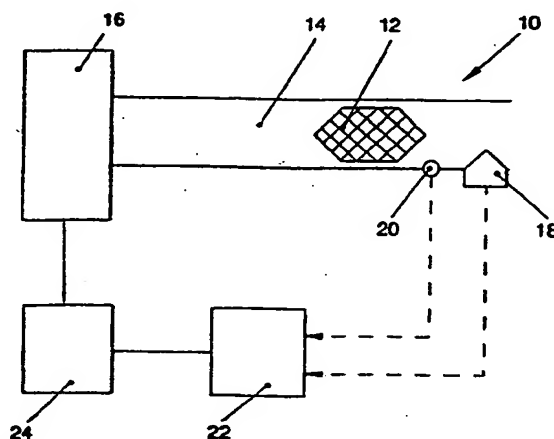
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/00977 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 41/02, F01N 3/08
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/04979
- (22) Internationales Anmeldedatum: 31. Mai 2000 (31.05.2000)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 199 29 293.0 25. Juni 1999 (25.06.1999) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; D-38436 Wolfsburg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): POTT, Ekkehard [DE/DE]; Westring 33, D-38518 Gifhorn (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT; Brieffach 1770, D-38436 Wolfsburg (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, IN, JP, KR, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- Veröffentlicht:
- Mit internationalem Recherchenbericht.
  - Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist: Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING NO<sub>x</sub> STORAGE CATALYST REGENERATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINER REGENERATION EINES NO<sub>x</sub>-SPEICHERKATALYSATORS



(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling the regeneration of at least one NO<sub>x</sub> storage catalyst disposed in the exhaust gas duct of a combustion engine. In order to perform regeneration by at least temporarily influencing at least one operating parameter of the combustion engine, the temperature of the catalyst and an operating parameter of the combustion engine are adjusted with  $\lambda \leq 1$  (regeneration parameter). The state of the catalyst is calculated and/or detected by at least one sensor. According to the invention, (a) at least one wash coat of the NO<sub>x</sub> storage catalyst (12) is apportioned according to a predefinable matrix (30) in the cells (32) of the catalyst, (b) the state of the catalyst (34) is determined for each catalyst cell (32) (state parameter (36)), (c) a predefinable weighting factor (38) is allocated to each individual catalyst cell (32), (d) a cell parameter (40) is calculated for regeneration by means of a respective state parameter (36) and the weighting factor (38) for each individual catalyst cell (32) and (e) the sum of the cell parameters (40) of each individual catalyst cell (32) is used to establish the regeneration parameter (44).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 01/00977 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Regeneration von wenigstens einem in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator, wobei zur Regeneration durch eine zumindest temporäre Beeinflussung wenigstens eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine eine Katalysatortemperatur und ein Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine mit  $\lambda \leq 1$  (Regenerationsparameter) eingestellt werden und wobei ein Katalysatorzustand berechnet und/oder durch wenigstens einen Sensor erfasst wird. Es ist vorgesehen, dass (a) ein Washcoat des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (12) entsprechend einer vorgebbaren Matrix (30) in Katalysatorzellen (32) aufgeteilt wird, (b) der Katalysatorzustand (34) für jede Katalysatorzelle (32) ermittelt wird (Zustandsparameter (36)), (c) jeder einzelnen Katalysatorzelle (32) ein vorgebbarer Wichtungsfaktor (38) zugeordnet wird, (d) ein Zellparameter (40) für die Regeneration mittels des jeweiligen Zustandsparameters (36) und dem Wichtungsfaktor (38) für jede einzelne Katalysatorzelle (32) berechnet wird und (e) eine Summe der Zellparameter (40) jeder einzelnen Katalysatorzelle (32) zur Festlegung der Regenerationsparameter (44) dient.

## **Verfahren zur Steuerung einer Regeneration eines NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Regeneration von wenigstens einem in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

Es ist bekannt, zur Reinigung eines Abgases der Verbrennungskraftmaschine in dem Abgaskanal wenigstens einen Katalysator anzuordnen. Während eines Verbrennungsvorgangs eines Kraftstoff-Luft-Gemisches entstehen in unterschiedlichen Anteilen gasförmige Schadstoffe. Diese lassen sich anhand ihres Oxidationsverhaltens in Reduktionsmittel, wie Kohlenmonoxid CO, unverbrannte Kohlenwasserstoffe HC oder Wasserstoff H<sub>2</sub>, einerseits und in Oxidationsmittel, wie Stickoxide NO<sub>x</sub> oder Schwefeloxide SO<sub>x</sub>, einteilen. Die Reduktionsmittel werden dabei an dem Katalysator mit Sauerstoff in weniger umweltrelevante Produkte umgesetzt, während die Oxidationsmittel an dem Katalysator mit Hilfe der Reduktionsmittel reduziert werden.

Befindet sich die Verbrennungskraftmaschine in einem Arbeitsmodus mit  $\lambda < 1$  (fette Atmosphäre), so überwiegt ein Kraftstoffanteil einen Sauerstoffanteil in dem Luft-Kraftstoff-Gemisch. Infolgedessen treten in dem Abgas vermehrt Reduktionsmittel auf. Häufig ist jedoch die Sauerstoffkonzentration im Bereich des Katalysators noch ausreichend, um - sofern erwünscht - eine zumindest weitestgehende Umsetzung der Reduktionsmittel an dem Katalysator zu ermöglichen. In einem solchen Arbeitsmodus ist die Konzentration der Reduktionsmittel auch groß genug, um eine nahezu vollständige Umsetzung der Oxidationsmittel zu gewähren.

Es hat sich gezeigt, daß zur Optimierung eines Kraftstoffverbrauchs der Verbrennungskraftmaschine ein Arbeitsmodus mit  $\lambda > 1$  (magerer Atmosphäre) bevorzugt ist. Unter magerer Atmosphäre ist allerdings der Anteil der Reduktionsmittel an dem Abgas herabgesetzt. Daneben kann auch ein Gleichgewicht bei einer Bildung der Oxidationsmittel derart verschoben werden, daß der Anteil von Oxidationsmitteln im Abgas steigt. Um dennoch eine Emission der Oxidationsmittel möglichst gering zu halten, ist es bekannt, dem Katalysator einen NO<sub>x</sub>-Speicher zuzuordnen. Der NO<sub>x</sub>-Speicher und der Katalysator können zu einem NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator zusammengefaßt werden. Befindet sich die Verbrennungskraftmaschine in magerer

- 2 -

Atmosphäre, so wird  $\text{NO}_x$  als Nitrat absorbiert und zwar so lange, bis entweder eine  $\text{NO}_x$ -Desorptionstemperatur oder eine  $\text{NO}_x$ -Speicherkapazität erreicht ist.

Es ist daher bekannt, den  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator in regelmäßigen Abständen zu regenerieren. Bei einer  $\text{NO}_x$ -Regeneration wird die Verbrennungskraftmaschine kurzfristig auf einen Arbeitsmodus mit  $\lambda \leq 1$  eingestellt. Unter diesen Bedingungen findet eine  $\text{NO}_x$ -Desorption statt, und das  $\text{NO}_x$  wird an dem Speicherkatalysator mit den Reduktionsmitteln umgesetzt.

Neben  $\text{NO}_x$  wird auch das  $\text{SO}_x$  als Sulfat von dem  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator absorbiert. Aufgrund einer höheren thermodynamischen Stabilität des Sulfats gegenüber dem Nitrat liegt eine  $\text{SO}_x$ -Desorptionstemperatur allerdings deutlich über der  $\text{NO}_x$ -Desorptionstemperatur. Daher muß zur  $\text{SO}_x$ -Regeneration häufig noch zusätzlich eine Erhöhung einer Katalysatortemperatur erfolgen. Auch die  $\text{SO}_x$ -Regeneration sollte in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden, da ansonsten einerseits eine  $\text{NO}_x$ -Speicherfähigkeit reduziert wird und andererseits eine Sulfatkornbildung zu Verspannungen innerhalb des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators führen kann. Derartige Verspannungen können zu einer irreversiblen Schädigung des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators führen, beispielsweise durch physischen Masseverlust. Daneben wird - unter anderem durch Sulfidbildung - eine katalytische Aktivität des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators herabgesetzt.

Es ist bekannt, eine Einleitung der Regeneration ( $\text{NO}_x$  und  $\text{SO}_x$ -Regeneration) abhängig zu machen von einem Beladungszustand des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators mit  $\text{NO}_x$  und/oder  $\text{SO}_x$ . Dazu kann beispielsweise der Anteil eines gasförmigen Schadstoffes, insbesondere  $\text{NO}_x$ , in dem Abgas stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators erfaßt werden und mit einem Sollanteil dieses gasförmigen Schadstoffes verglichen werden. Aus dem Vergleich kann der Beladungszustand berechnet werden und gegebenenfalls die Regeneration initiiert werden.

Es ist bekannt, zur Steuerung der Regeneration auch zusätzliche Gassensoren und Temperatursensoren in dem Abgaskanal anzuordnen, so daß auf diese Weise eine Abgaszusammensetzung und eine Temperatur zumindest bereichsweise in dem Abgaskanal erfaßt werden kann. Nachteilig bei allen bekannten Verfahren zur Steuerung der Regeneration des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators ist jedoch, daß von einem homogenen Temperaturverlauf innerhalb des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators und einem homogenen Beladungszustand mit  $\text{NO}_x$  und  $\text{SO}_x$  ausgegangen wird (Ein-Zonen-

- 3 -

Speicherkatalysatormodell). In einem dynamischen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine kommt es jedoch häufig zu Teilregenerationen in Verbindung mit einem inhomogenen Temperaturverlauf über den  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator. Zudem werden oberflächennahe Zonen des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators mit einem geringeren Reduktionsmittelaufwand regeneriert, während eine innere Schicht einen zunehmend höheren Reduktionsmittelbedarf besitzt. Überdies ist eine Regenerationsgeschwindigkeit von der Temperatur und von einem lokalen Lambdawert abhängig. Daher können die nach dem herkömmlichen Verfahren ermittelten Regenerationsparameter einerseits zu einer Unterdosierung des Reduktionsmittels führen, bei der der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator nur teilweise  $\text{NO}_x$  beziehungsweise  $\text{SO}_x$  regeneriert wird und andererseits kann ein Überschuß des Reduktionsmittels zu einer unerwünschten Reduktionsmittelemission und zu einem unnötigem Kraftstoffmehrverbrauch führen.

Aufgabe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, die Regeneration des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators wesentlich genauer auf einen tatsächlichen Katalysatorzustand in ausgewählten Bereichen des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators abzustimmen. Insbesondere soll die Regenerationsgeschwindigkeit, der Beladungszustand und der Temperaturverlauf innerhalb des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators bei einer Festlegung der Regenerationsparameter berücksichtigt werden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Steuerung einer Regeneration von wenigstens einem in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Dadurch, daß

- (a) ein Washcoat des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators entsprechend einer vorgebbaren Matrix in eine Anzahl von Katalysatorzellen aufgeteilt wird,
- (b) der Katalysatorzustand für jede Katalysatorzelle ermittelt wird (Zustandsparameter),
- (c) jeder einzelnen Katalysatorzelle ein vorgebbarer Wichtungsfaktor zugeordnet wird,
- (d) ein Zellparameter für die Regeneration mittels des jeweiligen Zustandsparameters und Wichtungsfaktors für jede einzelne Katalysatorzelle berechnet wird und

- 4 -

- (e) eine Summe der Zellparameter jeder einzelnen Katalysatorzelle zur Festlegung der Regenerationsparameter dient,

können lokale Gegebenheiten (Inhomogenitäten) des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators berücksichtigt werden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens werden die Zustandsparameter und/oder die Wichtungsfaktoren während der Regeneration kontinuierlich oder nach Ablauf einer durch eine vorgebbare Funktion festgelegten Zeitspanne erneut erfaßt oder berechnet. Somit ist es möglich, die Einstellung der Regenerationsparameter unmittelbar dem tatsächlichen Katalysatorzustand anzupassen, so daß letztendlich während der Regeneration für jede Katalysatorzelle nahezu optimale Regenerationsparameter festlegbar sind. Insgesamt ist damit also eine nahezu vollständige Regeneration aller Bereiche des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators möglich, wobei zusätzlich eine Regenerationsdauer herabgesetzt werden kann.

Weiterhin ist bevorzugt, die Matrix zur Aufteilung des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators in die Katalysatorzellen anhand eines  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatormodells festzulegen. Das Speicherkatalysatormodell kann beispielsweise eine räumliche Erstreckung des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators, den Temperaturverlauf oder den Verlauf der Regenerationsgeschwindigkeiten berücksichtigen. Weiterhin ist denkbar, einen Verlauf der  $\text{NO}_x$ -Speicherfähigkeit, einen Verlauf des  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  und  $\text{O}_2$ -Beladungszustandes über den  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator zu berücksichtigen. Selbstverständlich kann die Matrix auch durch eine Kombination der genannten Parameter berechnet werden.

Weiterhin hat es sich als vorteilhaft erwiesen, den Katalysatorzustand anhand des Verlaufs des  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  oder  $\text{O}_2$ -Beladungszustandes und/oder des Verlaufs der absorbierten Sauerstoffmasse zu bestimmen. Denkbar ist auch, den Temperaturverlauf innerhalb des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators zu erfassen. Auf diese Weise läßt sich ein optimaler Regenerationsparameter für jede einzelne Katalysatorzelle bestimmen.

Ferner ist vorteilhaft, den Wichtungsfaktor anhand einer vorgebbaren Funktion für den  $\text{NO}_x$  und  $\text{SO}_x$ -Beladungszustand festzulegen. Ebenso ist denkbar, den Wichtungsfaktor anhand eines Kennfelds für den  $\text{NO}_x$  und  $\text{SO}_x$ -Beladungszustand und/oder einer räumlichen Lage der einzelnen Katalysatorzelle zu bestimmen. So kann beispielsweise mit fortschreitender Regenerationsdauer der Wichtungsfaktor in den oberflächennahen Zonen des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators herabgesetzt oder gar auf Null

- 5 -

gesetzt werden, so daß die Regenerationsparameter auf die Regeneration der inneren Schichten optimiert werden können.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Anordnung eines  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine;

Figur 2 ein Verlauf eines Lambdawertes während einer Regeneration;

Figur 3 ein Ablaufdiagramm zur Ermittlung von Regenerationsparametern für eine Regeneration und

Figur 4 eine beispielhafte Aufteilung eines  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators in Katalysatorzellen anhand einer Matrix.

Die Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Anordnung 10 mit einem  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator 12 in einem Abgaskanal 14 einer Verbrennungskraftmaschine 16. Selbstverständlich ist die Anordnung 10 lediglich ein stark vereinfachtes Ausführungsbeispiel, und es können ebenso auch zusätzliche  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren oder Vorkatalysatoren im Bereich des Abgaskanals 14 angeordnet werden. Derartige Anordnungen sind bekannt und sollen hier nicht näher erläutert werden.

In dem Abgaskanal werden zusätzlich Sensoren angeordnet, die einen Rückschluß auf einen aktuellen Katalysatorzustand erlauben, indem sie beispielsweise einen Gehalt einer Gaskomponente in einem Abgas oder eine Temperatur erfassen. In der Anordnung 10 sind dazu beispielhaft ein Gassensor 18 und ein Temperatursensor 20 dargestellt, die stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators 12 liegen. Die Sensoren 18, 20 liefern Signale, die innerhalb eines Motorsteuergerätes 22 ausgewertet werden können. Ferner sind der Verbrennungskraftmaschine 16 Mittel 24 zugeordnet, die eine zumindest temporäre Beeinflussung eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine 16 ermöglichen. Auf diese Weise kann eine Abgastemperatur, ein Arbeitsmodus der

- 6 -

Verbrennungskraftmaschine 16 und/oder der Anteil der einzelnen Gaskomponenten im Abgas variiert werden. Eine derartige Beeinflussung der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine 16 ist bekannt und soll in diesem Zusammenhang nicht näher erläutert werden.

Während eines Verbrennungsvorganges eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in der Verbrennungskraftmaschine 16 entstehen in wechselnden Anteilen Reduktionsmittel, wie CO, HC und H<sub>2</sub>, und Oxidationsmittel, wie NO<sub>x</sub> und SO<sub>x</sub>. In einem Arbeitsmodus mit  $\lambda < 1$  (fette Atmosphäre) überwiegt ein Kraftstoffanteil einen Sauerstoffanteil in dem Luft-Kraftstoff-Gemisch. Infolgedessen werden in einem erhöhten Maße Reduktionsmittel gebildet. Wechselt der Arbeitsmodus in einem Bereich mit  $\lambda > 1$  (magerer Atmosphäre), so sinkt der Anteil der Reduktionsmittel am Abgas. Im NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator 12 werden die Reduktionsmittel mit Sauerstoff oxidiert. Damit ist eine Verminderung einer Reduktionsmittelemission in einem ausreichenden Maße immer dann möglich, wenn eine Sauerstoffkonzentration im NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator 12 entsprechend hoch ist.

Die Oxidationsmittel werden dagegen in dem NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator 12 durch die Reduktionsmittel umgesetzt. In einem ausreichenden Maße kann dies nur in einem Arbeitsmodus mit  $\lambda \leq 1$  erfolgen. In magerer Atmosphäre wird das NO<sub>x</sub> als Nitrat und das SO<sub>x</sub> als Sulfat absorbiert und zwar so lange, bis eine NO<sub>x</sub>-Desorptionstemperatur oder NO<sub>x</sub>-Speicherkapazität erreicht wird. Vor diesem Zeitpunkt muß demnach zumindest eine NO<sub>x</sub>-Regeneration durchgeführt werden.

Aufgrund einer höheren SO<sub>x</sub>-Desorptionstemperatur findet eine SO<sub>x</sub>-Regeneration im allgemeinen während der NO<sub>x</sub>-Regeneration nicht statt. Insgesamt sind jedoch für eine Regeneration (NO<sub>x</sub> und SO<sub>x</sub>-Regeneration) ein Arbeitsmodus mit  $\lambda \leq 1$  und eine Regenerationstemperatur (in Abhängigkeit von der NO<sub>x</sub> beziehungsweise SO<sub>x</sub>-Desorptionstemperatur) notwendig, die zusammengefaßt die Regenerationsparameter bilden. Eine Einstellung der Regenerationsparameter kann in bekannter Weise durch die Beeinflussung der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine 16 erfolgen. Ebenso ist es bekannt, eine Regenerationsnotwendigkeit des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators 12 zu bestimmen und soll in diesem Zusammenhang nicht näher erläutert werden.

Ein Verlauf des Lambdawertes während der Regeneration stromauf des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators 12 ist in der Figur 2 dargestellt. Dabei zeigt eine gestrichelte Linie einen Verlauf des Lambdawertes entsprechend einem herkömmlichen Verfahren und



- 7 -

dient lediglich zur Veranschaulichung. Dabei wird zunächst in einer Phase  $t_{m1}$  der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator 12 mit einem mageren Abgas ( $\lambda > 1$ ) beaufschlagt und während der Regeneration dann in einer Phase  $t_{f1}$  entsprechend einem vorgebbaren Lambdawert mit einem fetten Abgas beaufschlagt. Demgegenüber ist ein Verlauf des Lambdawertes gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren (durchgezogene Linie) deutlich andersartig.

Am Ende einer mageren Phase  $t_{m2}$  wird zwar ebenso für eine Phase  $t_{f2}$  ein fetter Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine 16 eingestellt, jedoch ist eine Lage des Lambdawertes über die Phase  $t_{f2}$  variabel. So wird zu Beginn der Phase  $t_{f2}$  ein Lambdawert knapp unter 1 eingestellt, um optimale Regenerationsparameter für ausgewählte Bereiche des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators 12 zu gewährleisten. Im Laufe der Phase  $t_{f2}$  wird der Lambdawert abgesenkt. Mit sinkendem Lambdawert stellen sich nachfolgend optimale Regenerationsparameter für andere Bereiche des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators 12 ein. Diese Steuerung der Regeneration wird nachfolgend noch näher erläutert. Festgehalten werden kann hier aber bereits, daß durch diese Steuerung die Phase  $t_{f2}$  gegenüber der Phase  $t_{f1}$  verkürzt ist und damit eine Regenerationsdauer sinkt. Dementsprechend wird auch ein Kraftstoffverbrauch, der im allgemeinen während der Regeneration erhöht ist, vermindert. Weiterhin ist auf diese Weise eine nahezu optimale Regeneration aller Bereiche des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators 12 möglich, da jeweils optimale Regenerationsparameter vorliegen. Ein Überschuß oder ein Unterschuß an Reduktionsmitteln, wie er bei bekannten Verfahren auftreten kann, kann somit weitgehend vermieden werden.

Die Figur 3 zeigt ein Ablaufdiagramm für die Steuerung der Regeneration. In einem ersten Schritt wird der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator 12 entsprechend einer vorgebbaren Matrix 30 in eine beliebige Anzahl von Katalysatorzellen 32 aufgeteilt. Dieser erste Schritt ist in der Figur 4 zur Verdeutlichung in einem Ausführungsbeispiel dargestellt. Die Matrix zur Aufteilung eines Washcoats des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators 12 in die Katalysatorzellen 32 kann anhand eines Speicherkatalysatormodells festgelegt werden. Dieses Modell kann beispielsweise eine räumliche Erstreckung des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator-Washcoats 12, einen Temperaturverlauf oder einen Verlauf einer Regenerationsgeschwindigkeit innerhalb des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators 12 umfassen. Denkbar ist auch, einen Verlauf einer  $\text{NO}_x$ -Speicherfähigkeit und einen Verlauf eines Beladungszustandes für  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  oder  $\text{O}_2$  innerhalb des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators 12 zu nutzen. Der Beladungszustand ist dabei ein Maß für eine absorbierte  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  oder  $\text{O}_2$ -Masse einer Katalysatorzelle. Selbstverständlich ist es möglich, eine

- 8 -

Kombination der genannten Parameter in eine Berechnung der Matrix 30 einfließen zu lassen.

In einem zweiten Schritt wird der Katalysatorzustand 34 für jede Katalysatorzelle 32 ermittelt und liefert einen Zustandsparameter 36 für jede Katalysatorzelle 32. Der Katalysatorzustand 34 umfaßt dabei den Verlauf des Beladungszustandes von  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  oder  $\text{O}_2$  oder den Temperaturverlauf innerhalb des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators 12. Der Katalysatorzustand 34 kann dabei entweder direkt durch geeignete Sensoren, beispielsweise den Sensoren 18, 28, erfaßt werden oder anhand eines Modells berechnet werden.

In einem dritten Schritt erfolgt eine Zuordnung eines Wichtungsfaktors 38 zu jeder Katalysatorzelle 32. Mit Hilfe des Wichtungsfaktors 38 und dem Zustandsparameter 36 kann ein Zellparameter 40 für die Regeneration jeder einzelnen Katalysatorzelle 32 berechnet werden. Der Wichtungsfaktor 38 kann dabei beispielsweise anhand einer vorgebbaren Funktion für den Beladungszustand an  $\text{NO}_x$  oder  $\text{SO}_x$  festgelegt werden. Denkbar ist auch, den Wichtungsfaktor 38 anhand eines Kennfeldes für den  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ -Beladungszustand und/oder einer räumlichen Lage der Katalysatorzelle 32 festzulegen. Wird beispielsweise der Wichtungsfaktor 38 für eine bestimmte Katalysatorzelle 32 auf Null gesetzt, so wird der Katalysatorzustand 34 dieser bestimmten Katalysatorzelle 32 in einer nachfolgenden Berechnung der Regenerationsparameter nicht mehr berücksichtigt und somit kann eine sehr genaue Anpassung der Regeneration an einen tatsächlichen Katalysatorzustand 34 erfolgen.

Die für jede Katalysatorzelle 32 ermittelten Zellparameter 40 werden in einem nachfolgenden Schritt 42 aufsummiert und liefern letztendlich die Regenerationsparameter 44. Diese dienen dann - wie in der Figur 2 exemplarisch dargestellt ist - zur Festlegung des Verlaufs des Lambdawertes während der Regeneration.

Die Zustandsparameter 36 und/oder die Wichtungsfaktoren 38 können auch während der Regeneration kontinuierlich oder nach Ablauf einer durch eine vorgebbare Funktion festgelegten Zeitspanne erneut berechnet werden. Auf diese Weise kann sehr flexibel auch auf Änderungen des Katalysatorzustands während der Regeneration reagiert werden und infolgedessen kann die Regenerationsdauer wiederum gesenkt werden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Steuerung einer Regeneration von wenigstens einem in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator, wobei zur Regeneration durch eine zumindest temporäre Beeinflussung wenigstens eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine eine Katalysatortemperatur und ein Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine mit  $\lambda \leq 1$  (Regenerationsparameter) eingestellt werden und wobei ein Katalysatorzustand berechnet und/oder durch wenigstens einen Sensor erfaßt wird, dadurch gekennzeichnet, daß
  - (a) ein Washcoat des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (12) entsprechend einer vorgebbaren Matrix (30) in Katalysatorzellen (32) aufgeteilt wird,
  - (b) der Katalysatorzustand (34) für jede Katalysatorzelle (32) ermittelt wird (Zustandsparameter (36)),
  - (c) jeder einzelnen Katalysatorzelle (32) ein vorgebbarer Wichtungsfaktor (38) zugeordnet wird,
  - (d) ein Zellparameter (40) für die Regeneration mittels des jeweiligen Zustandsparameters (36) und dem Wichtungsfaktor (38) für jede einzelne Katalysatorzelle (32) berechnet wird und
  - (e) eine Summe der Zellparameter (40) jeder einzelnen Katalysatorzelle (32) zur Festlegung der Regenerationsparameter (44) dient.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustandsparameter (36) und/oder die Wichtungsfaktoren (38) während der Regeneration kontinuierlich oder nach Ablauf einer durch eine vorgebbare Funktion festgelegten Zeitspanne erneut berechnet werden.

- 10 -

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Matrix (30) zur Aufteilung des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (12) in die Katalysatorzellen (32) anhand eines Speicherkatalysatormodells für eine räumliche Erstreckung, einen Temperaturverlauf, einen Verlauf einer Regenerationsgeschwindigkeit, einen Verlauf einer  $\text{NO}_x$ -Speicherfähigkeit, einen Verlauf eines  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  oder  $\text{O}_2$ -Beladungszustandes oder einer Kombination derselben festgelegt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Katalysatorzustand (34) den Verlauf des  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  oder  $\text{O}_2$ -Beladungszustandes oder den Temperaturverlauf oder eine Kombination derselben umfaßt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wichtungsfaktor (38) anhand einer vorgebbaren Funktion für den  $\text{NO}_x$  und/oder den  $\text{SO}_x$ -Beladungszustand der einzelnen Katalysatorzelle (32) festgelegt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wichtungsfaktor (38) anhand eines Kennfeldes für den  $\text{NO}_x$  und/oder  $\text{SO}_x$ -Beladungszustand und/oder einer räumlichen Lage der einzelnen Katalysatorzelle (32) festgelegt wird.

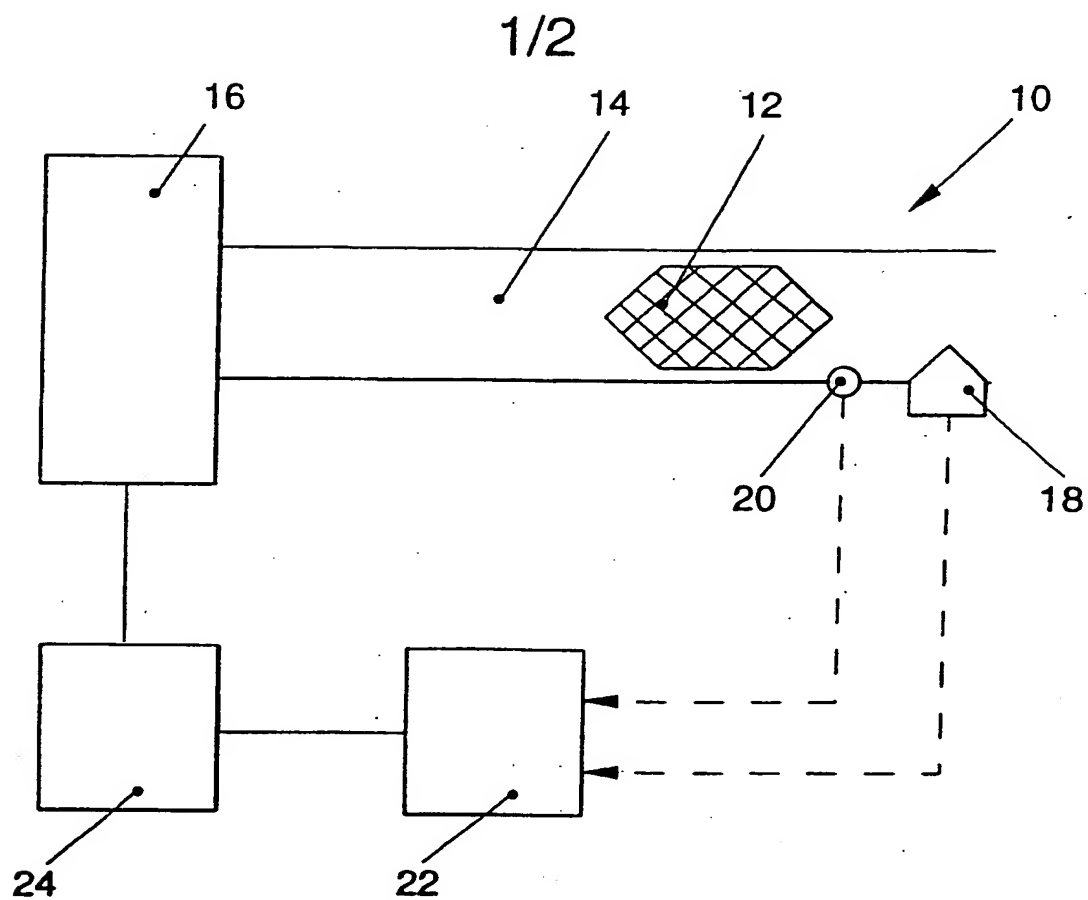


FIG. 1

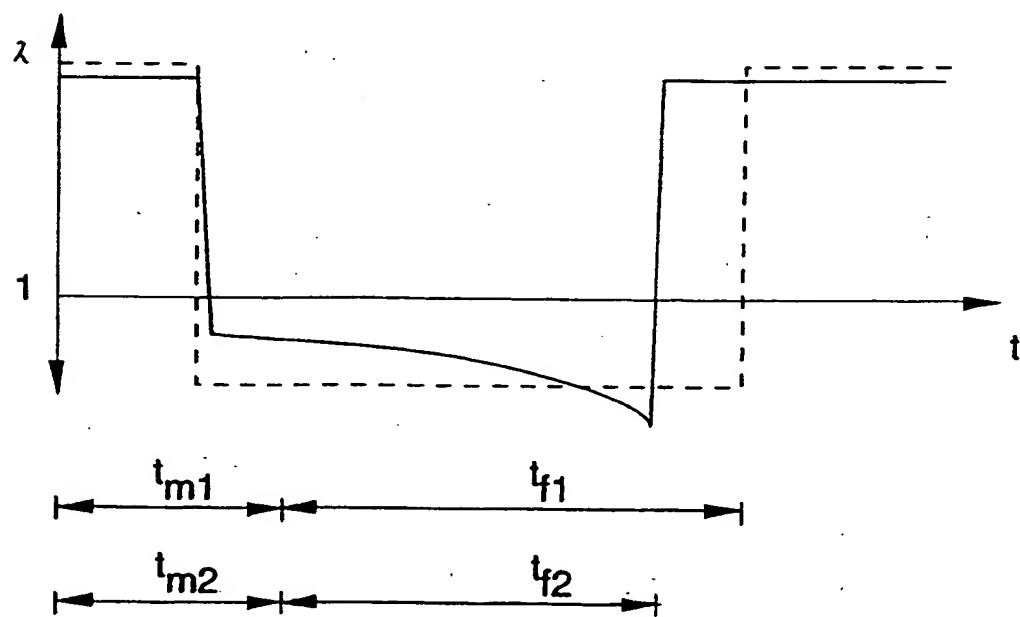


FIG. 2

2/2

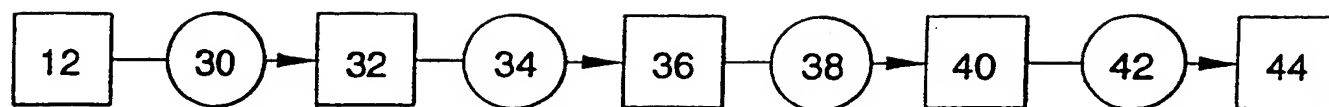


FIG. 3

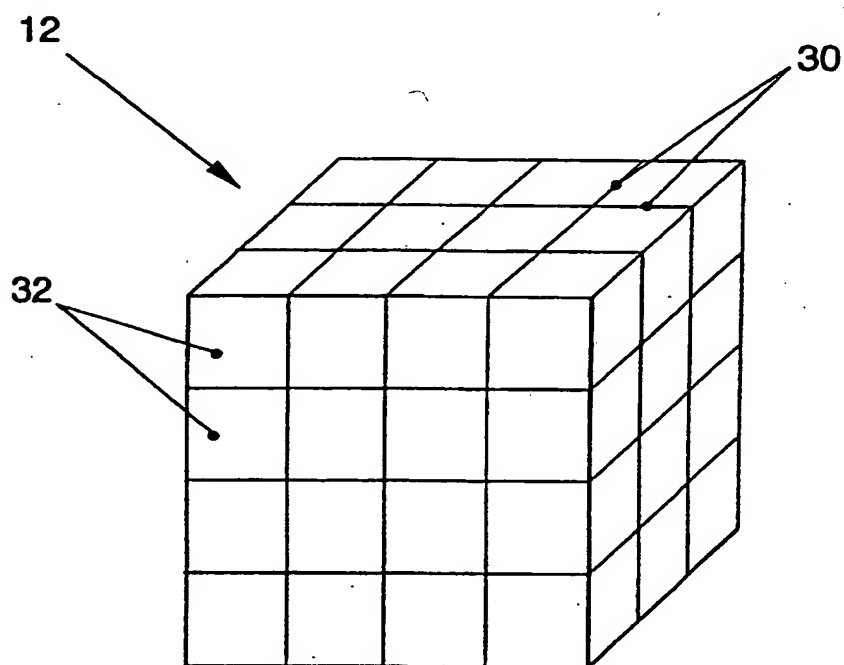


FIG. 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/04979

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F02D41/02 F01N3/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EP0-Internal, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A          | EP 0 858 837 A (SIEMENS AG)<br>19 August 1998 (1998-08-19)<br>column 2, line 38 -column 7, line 9;<br>figures  | 1-4                   |
| A          | M. SIDERIS: "Methods for monitoring and<br>diagnosing the efficiency of catalytic<br>converters"<br>1998, ELSEVIER SCIENCE B.V., AMSTERDAM<br>XP002149278 115<br>ISBN: 0-444-82952-0<br>Studies in Surface Science and Catalysis<br>Vol. 115<br>page 239 -page 252; figure 108 | 1                     |
|            | -/--   |                       |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 October 2000

Date of mailing of the international search report

26/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sideris, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/04979

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| P, A<br>A  | EP 0 927 818 A (HITACHI LTD)<br>7 July 1999 (1999-07-07)<br>& WO 98 12423 A (HITACHI LTD)<br>26 March 1998 (1998-03-26)<br>----- |                       |



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/04979

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP 0858837 A                              | 19-08-1998          | DE 19705335 C              | 17-09-1998          |
| EP 0927818 A                              | 07-07-1999          | WO 9812423 A               | 26-03-1998          |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/04979

| <b>A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b><br>IPK 7 F02D41/02 F01N3/08   |  |   |   |  |
|---|--|---|---|--|
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK   |  |   |   |  |
| <b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b><br>Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)<br>IPK 7 F02D F01N  |  |   |   |  |
| Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen  |  |   |   |  |
| Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)<br>WPI Data, PAJ, EPO-Internal, INSPEC  |  |   |   |  |
| <b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>  |  |   |   |  |
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr.  |   |  |
| A   | EP 0 858 837 A (SIEMENS AG)<br>19. August 1998 (1998-08-19)<br>Spalte 2, Zeile 38 -Spalte 7, Zeile 9;<br>Abbildungen   | 1-4   |   |  |
| A   | M. SIDERIS: "Methods for monitoring and<br>diagnosing the efficiency of catalytic<br>converters"<br>1998, ELSEVIER SCIENCE B.V., AMSTERDAM<br>XP002149278 115<br>ISBN: 0-444-82952-0<br>Studies in Surface Science and Catalysis<br>Vol. 115<br>Seite 239 -Seite 252; Abbildung 108<br>---<br>-/--   | 1   |   |  |
| <table border="0"> <tr> <td> <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen                         </td> <td> <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie                         </td> </tr> </table>   |  |   | <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen   | <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen   | <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie   |   |   |  |
| <table border="0"> <tr> <td> <b>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</b><br/> <b>"A"</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br/> <b>"E"</b> älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br/> <b>"L"</b> Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)<br/> <b>"O"</b> Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br/> <b>"P"</b> Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist                         </td> <td> <b>"T"</b> Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist<br/> <b>"X"</b> Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br/> <b>"Y"</b> Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist<br/> <b>"&amp;"</b> Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist                         </td> </tr> </table> |  |   | <b>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</b><br><b>"A"</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br><b>"E"</b> älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br><b>"L"</b> Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)<br><b>"O"</b> Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br><b>"P"</b> Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist | <b>"T"</b> Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist<br><b>"X"</b> Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br><b>"Y"</b> Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist<br><b>"&amp;"</b> Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
| <b>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</b><br><b>"A"</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br><b>"E"</b> älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br><b>"L"</b> Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)<br><b>"O"</b> Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br><b>"P"</b> Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist   | <b>"T"</b> Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist<br><b>"X"</b> Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br><b>"Y"</b> Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist<br><b>"&amp;"</b> Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |   |   |  |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche<br>5. Oktober 2000  |  | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts<br>26/10/2000 |   |  |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,<br>Fax: (+31-70) 340-3016   |  | Bevollmächtigter Bediensteter<br>Sideris, M                       |   |  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/04979

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                | Betr. Anspruch Nr. |
|-----------|---|--------------------|
| P, A<br>A | EP 0 927 818 A (HITACHI LTD)<br>7. Juli 1999 (1999-07-07)<br>& WO 98 12423 A (HITACHI LTD)<br>26. März 1998 (1998-03-26)<br>----- |                    |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/04979

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |            | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------|
| EP 0858837   | A | 19-08-1998                    | DE                                | 19705335 C | 17-09-1998                    |
| EP 0927818   | A | 07-07-1999                    | WO                                | 9812423 A  | 26-03-1998                    |